

© PAJ / JPO

PN - JP2000110622 A 20000418
TI - INTERNAL COMBUSTION ENGINE
AB - **PROBLEM TO BE SOLVED:** To attenuate a shock caused by variation in torque upon shifting gears of an automatic transmission while simultaneously inhibiting emission of soot and NOx.
- **SOLUTION:** When gears in an automatic transmission 60 are changed during operation under low temperature combustion such that the volume of exhaust gas recirculation(EGR) gas fed into a combustion chamber 5 is larger than that of EGR gas with which the degree of generated soot becomes peak, so as to prevent soot from being substantially produced, the quantity of injection of fuel injected from a fuel injection valve 6 is compensated in an increasing direction so as to lower the air-fuel ratio, the fuel injection timing is lagged, or the opening degree of an EGR control valve 31 is compensated in an increasing direction so as to compensate the volume of EGR gas in an increasing direction in order to reduce produced torque, thereby it is possible to compensate the fuel injection quantity injected from the fuel injection valve 6 in a decreasing direction in order to reduce the produced torque when the gears in the automatic transmission 60 are shifted during the operation under combustion such that the volume of EGR gas fed into the combustion chamber 5 is less than that of EGR gas with which the degree of generated soot becomes peak.

I - F02D41/04 ; B60K41/06 ; F01N3/08 ; F01N3/24 ; F02D21/08 ; F02D29/00 ; F02D41/40 ; F02D43/00 ; F02M25/07
PA - TOYOTA MOTOR CORP
IN - GOTO MASAHIITO; SASAKI SHIZUO; YOSHIZAKI KOJI; ITO TAKEKAZU; MURATA HIROKI
ABD - 20000929
ABV - 200007
AP - JP19980281213 19981002

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2000-110622
(P2000-110622A)

(43) 公開日 平成12年4月18日 (2000. 4. 18)

| (51) Int.Cl. ⁷ | 識別記号 | F I | テーマコード* (参考) |
|------------------------------------|----------------|---------------|--------------------------------------|
| F 0 2 D 41/04 | 3 5 5 3 8 0 | F 0 2 D 41/04 | 3 5 5 3 D 0 4 1 3 8 0 G 3 G 0 6 2 |
| B 6 0 K 41/06 | | B 6 0 K 41/06 | 3 G 0 8 4 |
| F 0 1 N 3/08 | | F 0 1 N 3/08 | A 3 G 0 9 1 |
| 3/24 | | 3/24 | E 3 G 0 9 2 |
| 審査請求 有 請求項の数13 O L (全 21 頁) 最終頁に続く | | | |

(21) 出願番号 特願平10-281213

(22) 出願日 平成10年10月2日 (1998. 10. 2)

(71) 出願人 000003207

トヨタ自動車株式会社

愛知県豊田市トヨタ町1番地

(72) 発明者 後藤 雅人

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(72) 発明者 佐々木 静夫

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(74) 代理人 100077517

弁理士 石田 敬 (外3名)

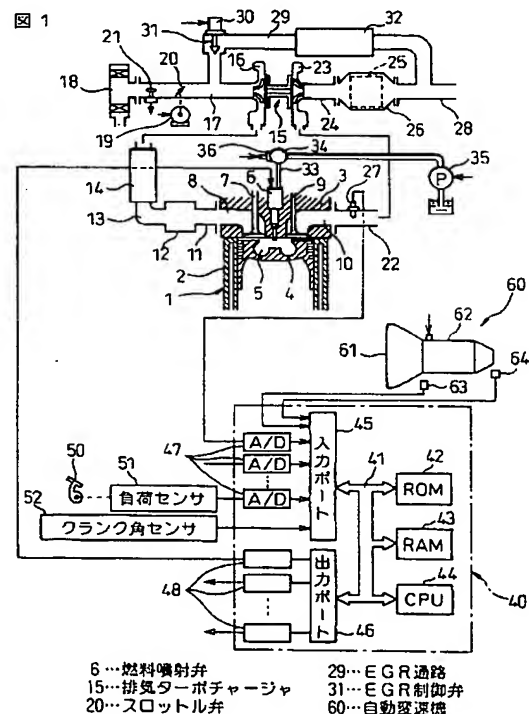
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 内燃機関

(57) 【要約】

【課題】 煤及びNO_xの排出を同時に阻止しつつ自動変速機の変速時のトルクの変動に伴うショックを緩和する。

【解決手段】 煤の発生量がピークとなるEGRガス量よりも燃焼室5内に供給されるEGRガス量が多く煤がほとんど発生しない低温燃焼の実行時であって自動変速機60の変速時に、発生トルクを減少させるために、燃料噴射弁6から噴射される燃料噴射量を増量補正して空燃比を低下させるか、又は、燃料噴射時期を遅角せしめるか、あるいは、EGR制御弁31の開度を増大補正してEGRガス量を増量補正すると共に、煤の発生量がピークとなるEGRガス量よりも燃焼室5内に供給されるEGRガス量が少ない燃焼の実行時であって自動変速機60の変速時に、発生トルクを減少させるために、燃料噴射弁6から噴射される燃料噴射量を減量補正する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 燃焼室内に供給される不活性ガスの量を増大していくと煤の発生量が次第に増大してピークに達し、前記燃焼室内に供給される不活性ガスの量を更に増大していくと前記燃焼室内における燃焼時の燃料およびその周囲のガス温が煤の生成温度よりも低くなって煤がほとんど発生しなくなる内燃機関に自動変速機が連結されたものであって、煤の発生量がピークとなる不活性ガスの量よりも前記燃焼室内に供給される不活性ガスの量が多く煤がほとんど発生しない燃焼を実行可能であり、前記煤がほとんど発生しない燃焼が行われる時であって前記自動変速機による変速が行われる時に空燃比を低下せしめるようにした内燃機関。

【請求項2】 前記燃焼室内に供給される燃料噴射量を増量補正することにより空燃比を低下せしめる請求項1に記載の内燃機関。

【請求項3】 前記燃焼室内に供給される空気量を減量することにより空燃比を低下せしめる請求項1に記載の内燃機関。

【請求項4】 燃焼室内に供給される不活性ガスの量を増大していくと煤の発生量が次第に増大してピークに達し、前記燃焼室内に供給される不活性ガスの量を更に増大していくと前記燃焼室内における燃焼時の燃料およびその周囲のガス温が煤の生成温度よりも低くなって煤がほとんど発生しなくなる内燃機関に自動変速機が連結されたものであって、煤の発生量がピークとなる不活性ガスの量よりも前記燃焼室内に供給される不活性ガスの量が多く煤がほとんど発生しない燃焼を実行可能であり、前記煤がほとんど発生しない燃焼が行われる時であって前記自動変速機による変速が行われる時に、前記燃焼室内に供給される燃料の噴射時期を遅角せしめるようにした内燃機関。

【請求項5】 前記煤がほとんど発生しない燃焼である第1の燃焼と、煤の発生量がピークとなる不活性ガスの量よりも前記燃焼室内に供給される不活性ガスの量が少ない第2の燃焼とを選択的に切り換える切換手段を具備し、前記第2の燃焼が行われる時であって前記自動変速機による変速が行われる時に燃料噴射量を減量補正するようにした請求項1又は4に記載の内燃機関。

【請求項6】 前記燃焼室から排出された排気ガスを機関吸気通路内に再循環させる排気ガス再循環装置を具備し、前記不活性ガスが前記機関吸気通路内に再循環された再循環排気ガスからなる請求項5に記載の内燃機関。

【請求項7】 燃焼室から排出された排気ガスを機関吸気通路内に再循環させる排気ガス再循環装置を具備し、前記燃焼室内に供給される再循環排気ガスの量を増大していくと煤の発生量が次第に増大してピークに達し、前記燃焼室内に供給される再循環排気ガスの量を更に増大していくと前記燃焼室内における燃焼時の燃料およびその周囲のガス温が煤の生成温度よりも低くなって煤がほ

とんど発生しなくなる内燃機関に自動変速機が連結されたものであって、煤の発生量がピークとなる再循環排気ガスの量よりも前記燃焼室内に供給される再循環排気ガスの量が多く煤がほとんど発生しない燃焼を実行可能であり、前記煤がほとんど発生しない燃焼が行われる時であって前記自動変速機による変速が行われる時に再循環排気ガスの量を増量補正するようにした内燃機関。

【請求項8】 前記煤がほとんど発生しない燃焼である第1の燃焼と、煤の発生量がピークとなる再循環排気ガスの量よりも前記燃焼室内に供給される再循環排気ガスの量が少ない第2の燃焼とを選択的に切り換える切換手段を具備し、前記第2の燃焼が行われる時であって前記自動変速機による変速が行われる時に燃料噴射量を減量補正するようにした請求項7に記載の内燃機関。

【請求項9】 前記燃焼室から排出された未燃炭化水素を酸化するために機関排気通路内に酸化機能を有する触媒を配置した請求項1、4及び7のいずれか一項に記載の内燃機関。

【請求項10】 前記触媒が酸化触媒、三元触媒又は NO_x 吸収剤の少くとも一つからなる請求項9に記載の内燃機関。

【請求項11】 前記第1の燃焼から前記第2の燃焼に又は前記第2の燃焼から前記第1の燃焼に切り換えられるときに排気ガス再循環率をステップ状に変化させるようにした請求項6又は8に記載の内燃機関。

【請求項12】 前記第1の燃焼が行われているときの排気ガス再循環率がほぼ55パーセント以上であり、前記第2の燃焼が行われているときの排気ガス再循環率がほぼ50パーセント以下である請求項11に記載の内燃機関。

【請求項13】 機関の運転領域を低負荷側の第1の運転領域と高負荷側の第2の運転領域とに分割し、前記第1の運転領域では前記第1の燃焼を行い、前記第2の運転領域では前記第2の燃焼を行うようにした請求項6又は8に記載の内燃機関。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は内燃機関に関する。

【0002】

【従来の技術】従来より内燃機関、例えばディーゼル機関においては NO_x の発生を抑制するために機関排気通路と機関吸気通路とを排気ガス再循環（以下、EGRと称す）通路により連結し、このEGR通路を介して排気ガス、即ちEGRガスを機関吸気通路内に再循環させるようにしている。この場合、EGRガスは比較的比熱が高く、従って多量の熱を吸収することができるので、EGRガスを増大するほど、即ちEGR率（EGRガス量／（EGRガス量＋吸入空気量））を増大するほど燃焼室内における燃焼温度が低下する。燃焼温度が低下すると NO_x の発生量が低下し、従ってEGR率を増大す

ればするほどNO_xの発生量は低下することになる。

【0003】このように従来よりEGR率を増大すればNO_xの発生量を低下しうことはわかっている。しかしながらEGR率を増大させていくとEGR率が或る限度を越えたときに煤の発生量、即ちスモークが急激に増大し始める。この点に関し従来より、それ以上EGR率を増大すればスモークが限りなく増大していくものと考えられており、従ってスモークが急激に増大し始めるEGR率がEGR率の最大許容限界であると考えられている。

【0004】従って従来よりEGR率はこの最大許容限界を越えない範囲内に定められている。このEGR率の最大許容限界は機関の形式や燃料によってかなり異なるがおおよそ30パーセントから50パーセントである。従って従来のディーゼル機関ではEGR率は最大でも30パーセントから50パーセント程度に抑えられている。

【0005】このように従来ではEGR率に対して最大許容限界が存在すると考えられていたので従来よりEGR率はこの最大許容限界を越えない範囲内においてNO_xおよびスモークの発生量ができるだけ少なくなるように定められていた。しかしながらこのようにしてEGR率をNO_xおよびスモークの発生量ができるだけ少なくなるように定めてもNO_xおよびスモークの発生量の低下には限度があり、実際には依然としてかなりの量のNO_xおよびスモークが発生してしまうのが現状である。

【0006】ところがディーゼル機関の燃焼の研究の過程においてEGR率を最大許容限界よりも大きくすれば上述の如くスモークが急激に増大するがこのスモークの発生量にはピークが存在し、このピークを越えてEGR率を更に大きくすると今度はスモークが急激に減少しはじめ、アイドリング運転時においてEGR率を70パーセント以上にすると、またEGRガスを強力に冷却した場合にはEGR率をほぼ50パーセント以上にするとスモークがほとんど零になる。即ち煤がほとんど発生しないことが見い出されたのである。また、このときにはNO_xの発生量が極めて少量となることも判明している。この後この知見に基づいて煤が発生しない理由について検討が進められ、その結果これまでにない煤およびNO_xの同時低減が可能な新たな燃焼システムが構築されるに至ったのである。この新たな燃焼システムについては後に詳細に説明するが簡単に言うと炭化水素が煤に成長するまでの途中の段階において炭化水素の成長を停止させることを基本としている。

【0007】即ち、実験研究を重ねた結果判明したことは燃焼室内における燃焼時の燃料およびその周囲のガス温度が或る温度以下のときには炭化水素の成長が煤に至る前の途中の段階で停止し、燃料およびその周囲のガス温度が或る温度以上になると炭化水素は一気に煤まで成長してしまうということである。この場合、燃料および

その周囲のガス温度は燃料が燃焼した際の燃料周りのガスの吸熱作用が大きく影響しており、燃料燃焼時の発熱量に応じて燃料周りのガスの吸熱量を調整することによって燃料およびその周囲のガス温度を制御することができる。

【0008】従って、燃焼室内における燃焼時の燃料およびその周囲のガス温度を炭化水素の成長が途中で停止する温度以下に抑制すれば煤が発生しなくなり、燃焼室内における燃焼時の燃料およびその周囲のガス温度を炭化水素の成長が途中で停止する温度以下に抑制することは燃料周りのガスの吸熱量を調整することによって可能となる。一方、煤に至る前に成長が途中で停止した炭化水素は酸化触媒等を用いた後処理によって容易に浄化することができる。これが新たな燃焼システムの基本的な考え方である。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】ところが、上述したような新たな燃焼システムについてはまだ開示されていない。そのため、既に開示されている従来の燃焼システムでは、上述した新たな燃焼システムに基づく新たな効果を奏することができない。

【0010】そこで、本発明は、内燃機関から煤（スモーク）が排出されること及びNO_xが排出されることを同時に阻止しつつ、自動変速機による変速が行われる時の機関発生トルクの変動に伴うショックを緩和することができる内燃機関を提供することを目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】請求項1に記載の発明によれば、燃焼室内に供給される不活性ガスの量を増大していくと煤の発生量が次第に増大してピークに達し、前記燃焼室内に供給される不活性ガスの量を更に増大していくと前記燃焼室内における燃焼時の燃料およびその周囲のガス温が煤の生成温度よりも低くなって煤がほとんど発生しなくなる内燃機関に自動変速機が連結されたものであって、煤の発生量がピークとなる不活性ガスの量よりも前記燃焼室内に供給される不活性ガスの量が多く煤がほとんど発生しない燃焼を実行可能であり、前記煤がほとんど発生しない燃焼が行われる時であって前記自動変速機による変速が行われる時に空燃比を低下せしめるようにした内燃機関が提供される。

【0012】請求項2に記載の発明によれば、前記燃焼室内に供給される燃料噴射量を増量補正することにより空燃比を低下せしめる請求項1に記載の内燃機関が提供される。請求項3に記載の発明によれば、前記燃焼室内に供給される空気量を減量することにより空燃比を低下せしめる請求項1に記載の内燃機関が提供される。

【0013】請求項1～3に記載の内燃機関では、煤の発生量がピークとなる不活性ガスの量よりも燃焼室内に供給される不活性ガスの量が多く煤がほとんど発生しない燃焼が行われる時であって自動変速機による変速が行

われる時に空燃比が低下せしめられる。ところで、前記煤がほとんど発生しない燃焼は空気が不足気味の下で行われるため、前記煤がほとんど発生しない燃焼が行われる時には、空燃比が低下すると燃焼が悪化し、機関発生トルクが低下する。一方、自動変速機による変速が行われる時には機関発生トルクが変動する。そのため、自動変速機による変速が行われることに伴って機関発生トルクが変動する時に、そのトルク変動のショックを緩和することが望まれる。そこで、上述したように請求項1～3に記載の内燃機関では、前記煤がほとんど発生しない燃焼が行われる時であって自動変速機による変速が行われる時に空燃比が低下せしめられる。その結果、自動変速機によるトルク変動のショックを緩和することができる。

【0014】請求項4に記載の発明によれば、燃焼室内に供給される不活性ガスの量を増大していくと煤の発生量が次第に増大してピークに達し、前記燃焼室内に供給される不活性ガスの量を更に増大していくと前記燃焼室内における燃焼時の燃料およびその周囲のガス温が煤の生成温度よりも低くなって煤がほとんど発生しなくなる内燃機関に自動変速機が連結されたものであって、煤の発生量がピークとなる不活性ガスの量よりも前記燃焼室内に供給される不活性ガスの量が多く煤がほとんど発生しない燃焼を実行可能であり、前記煤がほとんど発生しない燃焼が行われる時であって前記自動変速機による変速が行われる時に、前記燃焼室内に供給される燃料の噴射時期を遅角せしめるようにした内燃機関が提供される。

【0015】請求項4に記載の内燃機関では、煤の発生量がピークとなる不活性ガスの量よりも燃焼室内に供給される不活性ガスの量が多く煤がほとんど発生しない燃焼が行われる時であって自動変速機による変速が行われる時に燃焼室内に供給される燃料の噴射時期が遅角せしめられる。ところで、燃焼室内に供給される燃料の噴射時期が遅角せしめられると、燃料供給が燃焼に間に合わなくなることによって燃焼が悪化し、機関発生トルクが低下する。一方、自動変速機による変速が行われる時には機関発生トルクが変動する。そのため、自動変速機による変速が行われることに伴って機関発生トルクが変動する時に、そのトルク変動のショックを緩和することが望まれる。そこで、上述したように請求項4に記載の内燃機関では、前記煤がほとんど発生しない燃焼が行われる時であって自動変速機による変速が行われる時に燃焼室内に供給される燃料の噴射時期が遅角せしめられる。その結果、自動変速機によるトルク変動のショックを緩和することができる。

【0016】請求項5に記載の発明によれば、前記煤がほとんど発生しない燃焼である第1の燃焼と、煤の発生量がピークとなる不活性ガスの量よりも前記燃焼室内に供給される不活性ガスの量が少ない第2の燃焼とを選択

的に切り換える切換手段を具備し、前記第2の燃焼が行われる時であって前記自動変速機による変速が行われる時に燃料噴射量を減量補正するようにした請求項1又は4に記載の内燃機関が提供される。

【0017】請求項5に記載の内燃機関では、煤の発生量がピークとなる不活性ガスの量よりも前記燃焼室内に供給される不活性ガスの量が少ない第2の燃焼が行われる時であって自動変速機による変速が行われる時に燃料噴射量が減量補正される。ところで、第2の燃焼は空気が十分に余っている下で行われるため、第2の燃焼が行われる時には、燃料噴射量が減量補正されると、燃焼に寄与する燃料量が減少することによって機関発生トルクが低下する。一方、自動変速機による変速が行われる時には機関発生トルクが変動する。そのため、自動変速機による変速が行われることに伴って機関発生トルクが変動する時に、そのトルク変動のショックを緩和することが望まれる。そこで、上述したように請求項5に記載の内燃機関では、第2の燃焼が行われる時であって自動変速機による変速が行われる時に燃料噴射量が減量補正される。その結果、自動変速機によるトルク変動のショックを緩和することができる。

【0018】請求項6に記載の発明によれば、前記燃焼室から排出された排気ガスを機関吸気通路内に再循環させる排気ガス再循環装置を具備し、前記不活性ガスが前記機関吸気通路内に再循環された再循環排気ガスからなる請求項5に記載の内燃機関が提供される。

【0019】請求項6に記載の内燃機関では、排気ガス再循環装置によって機関吸気通路内に再循環される再循環排気ガスを不活性ガスとして利用することにより、外部から燃焼室内に不活性ガスを供給する手段を特別に設ける必要性を回避することができる。

【0020】請求項7に記載の発明によれば、燃焼室から排出された排気ガスを機関吸気通路内に再循環させる排気ガス再循環装置を具備し、前記燃焼室内に供給される再循環排気ガスの量を増大していくと煤の発生量が次第に増大してピークに達し、前記燃焼室内に供給される再循環排気ガスの量を更に増大していくと前記燃焼室内における燃焼時の燃料およびその周囲のガス温が煤の生成温度よりも低くなって煤がほとんど発生しなくなる内燃機関に自動変速機が連結されたものであって、煤の発生量がピークとなる再循環排気ガスの量よりも前記燃焼室内に供給される再循環排気ガスの量が多く煤がほとんど発生しない燃焼を実行可能であり、前記煤がほとんど発生しない燃焼が行われる時であって前記自動変速機による変速が行われる時に再循環排気ガスの量を増量補正するようにした内燃機関が提供される。

【0021】請求項7に記載の内燃機関では、煤の発生量がピークとなる再循環排気ガスの量よりも燃焼室内に供給される再循環排気ガスの量が多く煤がほとんど発生しない燃焼が行われる時であって自動変速機による変速

が行われる時に再循環排気ガスの量が増量補正される。ところで、前記煤がほとんど発生しない燃焼は空気が不足気味の下で行われるため、前記煤がほとんど発生しない燃焼が行われる時に再循環排気ガスの量が増量補正されると、空気が燃焼室に供給されづらくなり、空気がより一層不足気味になってしまう。その結果、燃焼が悪化し、機関発生トルクが低下する。一方、自動変速機による変速が行われる時には機関発生トルクが変動する。そのため、自動変速機による変速が行われることに伴って機関発生トルクが変動する時に、そのトルク変動のショックを緩和することが望まれる。そこで、上述したように請求項7に記載の内燃機関では、前記煤がほとんど発生しない燃焼が行われる時であって自動変速機による変速が行われる時に再循環排気ガスの量が増量補正される。その結果、自動変速機によるトルク変動のショックを緩和することができる。

【0022】請求項8に記載の発明によれば、前記煤がほとんど発生しない燃焼である第1の燃焼と、煤の発生量がピークとなる再循環排気ガスの量よりも前記燃焼室内に供給される再循環排気ガスの量が少ない第2の燃焼とを選択的に切り換える切換手段を具備し、前記第2の燃焼が行われる時であって前記自動変速機による変速が行われる時に燃料噴射量を減量補正するようにした請求項7に記載の内燃機関が提供される。

【0023】請求項8に記載の内燃機関では、煤の発生量がピークとなる再循環排気ガスの量よりも前記燃焼室内に供給される再循環排気ガスの量が少ない第2の燃焼が行われる時であって自動変速機による変速が行われる時に燃料噴射量が減量補正される。ところで、第2の燃焼は空気が十分に余っている下で行われるため、第2の燃焼が行われる時には、燃料噴射量が減量補正されると、燃焼に寄与する燃料量が減少することに伴って機関発生トルクが低下する。一方、自動変速機による変速が行われる時には機関発生トルクが変動する。そのため、自動変速機による変速が行われることに伴って機関発生トルクが変動する時に、そのトルク変動のショックを緩和することが望まれる。そこで、上述したように請求項8に記載の内燃機関では、第2の燃焼が行われる時であって自動変速機による変速が行われる時に燃料噴射量が減量補正される。その結果、自動変速機によるトルク変動のショックを緩和することができる。

【0024】請求項9に記載の発明によれば、前記燃焼室から排出された未燃炭化水素を酸化するために機関排気通路内に酸化機能を有する触媒を配置した請求項1、4及び7のいずれか一項に記載の内燃機関が提供される。

【0025】請求項10に記載の発明によれば、前記触媒が酸化触媒、三元触媒又はNO_x吸収剤の少くとも一つからなる請求項9に記載の内燃機関が提供される。

【0026】請求項9及び10に記載の内燃機関では、

燃焼室から排出される未燃炭化水素が機関排気通路内にて酸化されるため、未燃炭化水素が内燃機関から排出されるのを阻止することができる。

【0027】請求項11に記載の発明によれば、前記第1の燃焼から前記第2の燃焼に又は前記第2の燃焼から前記第1の燃焼に切り換えられるときに排気ガス再循環率をステップ状に変化させるようにした請求項6又は8に記載の内燃機関が提供される。

【0028】請求項11に記載の内燃機関では、第1の燃焼から第2の燃焼に又は第2の燃焼から第1の燃焼に切り換えられるときに排気ガス再循環率をステップ状に変化させることにより、排気ガス再循環率が、煤の発生量がピークになる排気ガス再循環率に設定されるのを回避することができる。

【0029】請求項12に記載の発明によれば、前記第1の燃焼が行われているときの排気ガス再循環率がほぼ55パーセント以上であり、前記第2の燃焼が行われているときの排気ガス再循環率がほぼ50パーセント以下である請求項11に記載の内燃機関が提供される。

【0030】請求項12に記載の内燃機関では、第1の燃焼が行われているときの排気ガス再循環率をほぼ55パーセント以上にすると共に第2の燃焼が行われているときの排気ガス再循環率をほぼ50パーセント以下にすることにより、排気ガス再循環率が、煤の発生量がピークになる排気ガス再循環率に設定されるのを回避することができる。

【0031】請求項13に記載の発明によれば、機関の運転領域を低負荷側の第1の運転領域と高負荷側の第2の運転領域とに分割し、前記第1の運転領域では前記第1の燃焼を行い、前記第2の運転領域では前記第2の燃焼を行うようにした請求項6又は8に記載の内燃機関が提供される。

【0032】請求項13に記載の内燃機関では、第1の燃焼を実行し得る時、つまり、燃焼室内における燃焼時の燃料及びその周囲のガス温度を煤の生成温度よりも低く維持し得る時が、燃焼による発熱量が比較的少ない機関中低負荷運転時に限られるという理由から、低負荷側の第1の運転領域で第1の燃焼を行うと共に高負荷側の第2の運転領域で第2の燃焼を行う。それゆえ、運転領域に応じて適切な燃焼を実行することができる。

【0033】

【発明の実施の形態】以下、添付図面を用いて本発明の実施形態について説明する。

【0034】図1は本発明を4ストローク圧縮着火式内燃機関に適用した第一の実施形態を示している。図1を参照すると、1は機関本体、2はシリンダブロック、3はシリンダヘッド、4はピストン、5は燃焼室、6は電気制御式燃料噴射弁、7は吸気弁、8は吸気ポート、9は排気弁、10は排気ポートを夫々示す。吸気ポート8は対応する吸気枝管11を介してサージタンク12に連

結され、サージタンク12は吸気ダクト13およびインタークーラ14を介して過給機、例えば排気ターボチャージャ15のコンプレッサ16の出口部に連結される。コンプレッサ16の入口部は空気吸込管17を介してエアクリーナ18に連結され、空気吸込管17内にはステップモータ19により駆動されるスロットル弁20が配置される。また、スロットル弁20上流の空気吸込管17内には吸入空気の流れを検出するための質量流量検出器21が配置される。

【0035】機関本体1の出力軸（図示せず）には自動変速機60が接続されている。自動変速機60は、トルクコンバータ61と変速機62とを備え、変速機62の出力軸はディファレンシャルギヤ（図示せず）を介して車両の駆動輪に接続されている。

【0036】変速機62は遊星歯車列と摩擦要素（ブレーキ、クラッチ等）とを備えた公知の型式のものであり、制御油圧の切換により摩擦要素の係合状態を切り換えて、遊星歯車列の各要素の固定、接続を行うことにより変速操作を行う。トルクコンバータ61には、機関出力軸に直結されるポンプと、このポンプ吐出流体により駆動されるタービンとを備えた公知の型式のものであり、タービン出力軸（以下「コンバータ出力軸」という）は変速機62の入力軸に直結されている。トルクコンバータ41は、機関出力軸から入力するトルクを増幅してコンバータ出力軸に出力する公知のトルク増幅作用を有する。自動変速機60には、コンバータ出力軸の回転数（即ち変速機62の入力軸回転数）に応じた周波数のパルス信号を出力するコンバータ出力軸回転数センサ63、変速機62の出力軸の回転数に応じた周波数のパルス信号を出力する変速機出力軸回転数センサ64がそれぞれ設けられている。

【0037】一方、排気ポート10は排気マニホールド22を介して排気ターボチャージャ15の排気タービン23の入口部に連結され、排気タービン23の出口部は排気管24を介して酸化機能を有する触媒25を内蔵した触媒コンバータ26に連結される。排気マニホールド22内には空燃比センサ27が配置される。

【0038】触媒コンバータ26の出口部に連結された排気管28とスロットル弁20下流の空気吸込管17とは排気ガス再循環（以下、EGRと称す）通路29を介して互いに連結され、EGR通路29内にはステップモータ30により駆動されるEGR制御弁31が配置される。また、EGR通路29内にはEGR通路29内を流れるEGRガスを冷却するためのインタークーラ32が配置される。図1に示される実施形態では機関冷却水がインタークーラ32内に導びかれ、機関冷却水によってEGRガスが冷却される。

【0039】一方、燃料噴射弁6は燃料供給管33を介して燃料リザーバ、いわゆるコモンレール34に連結される。このコモンレール34内へは電気制御式の吐出量

可変な燃料ポンプ35から燃料が供給され、コモンレール34内に供給された燃料は各燃料供給管33を介して燃料噴射弁6に供給される。コモンレール34にはコモンレール34内の燃料圧を検出するための燃料圧センサ36が取付けられ、燃料圧センサ36の出力信号に基づいてコモンレール34内の燃料圧が目標燃料圧となるように燃料ポンプ35の吐出量が制御される。

【0040】電子制御ユニット40はデジタルコンピュータからなり、双方向性バス41によって互いに接続されたROM（リードオンリメモリ）42、RAM（ランダムアクセスメモリ）43、CPU（マイクロプロセッサ）44、入力ポート45および出力ポート46を具備する。質量流量検出器21の出力信号は対応するAD変換器47を介して入力ポート45に入力され、空燃比センサ27および燃料圧センサ36の出力信号も夫々対応するAD変換器47を介して入力ポート45に入力される。コンバータ出力軸回転数センサ63及び変速機出力軸回転数センサ64からのパルス信号もそれぞれ入力ポート45に入力される。アクセルペダル50にはアクセルペダル50の踏み量に比例した出力電圧を発生する負荷センサ51が接続され、負荷センサ51の出力電圧は対応するAD変換器47を介して入力ポート45に入力される。また、入力ポート45にはクランクシャフトが例えば30°回転する毎に出力パルスを発生するクランク角センサ52が接続される。機関回転数はクランク角センサ52の出力値に基づいて算出される。一方、出力ポート46は対応する駆動回路48を介して燃料噴射弁6、スロットル弁制御用ステップモータ19、EGR制御弁制御用ステップモータ30および燃料ポンプ35に接続される。

【0041】図2は機関低負荷運転時にスロットル弁20の開度およびEGR率を変化させることにより空燃比A/F（図2の横軸）を変化させたときの出力トルクの変化、およびスモーク、HC、CO、NO_xの排出量の変化を示す実験例を表している。図2からわかるようにこの実験例では空燃比A/Fが小さくなるほどEGR率が大きくなり、理論空燃比（≒14.6）以下のときにはEGR率は65パーセント以上となっている。

【0042】図2に示されるようにEGR率を増大することにより空燃比A/Fを小さくしていくとEGR率が40パーセント付近となり空燃比A/Fが30程度になったときにスモークの発生量が増大を開始する。次いで、更にEGR率を高め、空燃比A/Fを小さくするとスモークの発生量が急激に増大してピークに達する。次いで更にEGR率を高め、空燃比A/Fを小さくすると今度はスモークが急激に低下し、EGR率を65パーセント以上とし、空燃比A/Fが15.0付近になるとスモークがほぼ零となる。即ち、煤がほとんど発生しなくなる。このとき機関の出力トルクは若干低下し、またNO_xの発生量がかなり低くなる。一方、このときHC、

COの発生量は増大し始める。

【0043】図3(A)は空燃比A/Fが21付近でスモークの発生量が最も多いときの燃焼室5内の燃焼圧変化を示しており、図3(B)は空燃比A/Fが18付近でスモークの発生量がほぼ零のときの燃焼室5内の燃焼圧の変化を示している。図3(A)と図3(B)とを比較すればわかるようにスモークの発生量がほぼ零である図3(B)に示す場合はスモークの発生量が多い図3

(A)に示す場合に比べて燃焼圧が低いことがわかる。

【0044】図2および図3に示される実験結果から次のことが言える。即ち、まず第1に空燃比A/Fが15、0以下でスモークの発生量がほぼ零のときには図2に示されるようにNOxの発生量がかなり低下する。NOxの発生量が低下したということは燃焼室5内の燃焼温度が低下していることを意味しており、従って煤がほとんど発生しないときには燃焼室5内の燃焼温度が低くなっていると言える。同じことが図3からも言える。即ち、煤がほとんど発生していない図3(B)に示す状態では燃焼圧が低くなっており、従ってこのとき燃焼室5内の燃焼温度は低くなっていることになる。

【0045】第2にスモークの発生量、即ち煤の発生量がほぼ零になると図2に示されるようにHCおよびCOの排出量が増大する。このことは炭化水素が煤まで成長せずに排出されることを意味している。即ち、燃料中に含まれる図4に示されるような直鎖状炭化水素や芳香族炭化水素は酸素不足の状態温度上昇せしめられると熱分解して煤の前駆体が形成され、次いで主に炭素原子が集合した固体からなる煤が生成される。この場合、実際の煤の生成過程は複雑であり、煤の前駆体がどのような形態をとるかとは明確ではないがいずれにしても図4に示されるような炭化水素は煤の前駆体を経て煤まで成長することになる。従って、上述したように煤の発生量がほぼ零になると図2に示される如くHCおよびCOの排出量が増大するがこのときのHCは煤の前駆体又はその前の状態の炭化水素である。

【0046】図2および図3に示される実験結果に基づくこれらの考察をまとめると燃焼室5内の燃焼温度が低いときには煤の発生量がほぼ零になり、このとき煤の前駆体又はその前の状態の炭化水素が燃焼室5から排出されることになる。このことについて更に詳細に実験研究を重ねた結果、燃焼室5内における燃料およびその周囲のガス温度が或る温度以下である場合には煤の成長過程が途中で停止してしまい、即ち煤が全く発生せず、燃焼室5内における燃料およびその周囲の温度が或る温度以上になると煤が生成されることが判明したのである。

【0047】ところで煤の前駆体の状態で炭化水素の生成過程が停止するときの燃料およびその周囲の温度、即ち上述の或る温度は燃料の種類や空燃比の圧縮比等の種々の要因によって変化するので何度であるかということは言えないがこの或る温度はNOxの発生量と深い関係

を有しており、従ってこの或る温度はNOxの発生量から或る程度規定することができる。即ち、EGR率が増大するほど燃焼時の燃料およびその周囲のガス温度は低下し、NOxの発生量が低下する。このときNOxの発生量が10p.p.m 前後又はそれ以下になったときに煤がほとんど発生しなくなる。従って上述の或る温度はNOxの発生量が10p.p.m 前後又はそれ以下になったときの温度にほぼ一致する。

【0048】一旦、煤が生成されるとこの煤は酸化機能を有する触媒を用いた後処理でもって浄化することはできない。これに対して煤の前駆体又はその前の状態の炭化水素は酸化機能を有する触媒を用いた後処理でもって容易に浄化することができる。このように酸化機能を有する触媒による後処理を考えると炭化水素を煤の前駆体又はその前の状態で燃焼室5から排出させるか、或いは煤の形で燃焼室5から排出させるかについては極めて大きな差がある。本発明において採用されている新たな燃焼システムは燃焼室5内において煤を生成させることなく炭化水素を煤の前駆体又はその前の状態の形で燃焼室5から排出させ、この炭化水素を酸化機能を有する触媒により酸化せしめることを核としている。

【0049】さて、煤が生成される前の状態で炭化水素の成長を停止させるには燃焼室5内における燃焼時の燃料およびその周囲のガス温度を煤が生成される温度よりも低い温度に抑制する必要がある。この場合、燃料およびその周囲のガス温度を抑制するには燃料が燃焼した際の燃料周りのガスの吸熱作用が極めて大きく影響することが判明している。

【0050】即ち、燃料周りに空気しか存在しないと蒸発した燃料はただちに空気中の酸素と反応して燃焼する。この場合、燃料から離れている空気の温度はさほど上昇せず、燃料周りの温度のみが局部的に極めて高くなる。即ち、このときには燃料から離れている空気は燃料の燃焼熱の吸熱作用をほとんど行わない。この場合には燃焼温度が局部的に極めて高くなるために、この燃焼熱を受けた未燃炭化水素は煤を生成することになる。

【0051】一方、多量の不活性ガスと少量の空気の混合ガス中に燃料が存在する場合には若干状況が異なる。この場合には蒸発燃料は周囲に拡散して不活性ガス中に混在する酸素と反応し、燃焼することになる。この場合には燃焼熱は周りの不活性ガスに吸収されるために燃焼温度はさほど上昇しなくなる。即ち、燃焼温度を低く抑えることができることになる。即ち、燃焼温度を抑制するには不活性ガスの存在が重要な役割を果たしており、不活性ガスの吸熱作用によって燃焼温度を低く抑えることができることになる。

【0052】この場合、燃料およびその周囲のガス温度を煤が生成される温度よりも低い温度に抑制するにはそうするのに十分な熱量を吸収しうだけの不活性ガス量が必要となる。従って燃料量が増大すれば必要となる不

活性ガス量はそれに伴って増大することになる。なお、この場合、不活性ガスの比熱が大きいほど吸熱作用が強力となり、従って不活性ガスは比熱の大きなガスが好ましいことになる。この点、 CO_2 やEGRガスは比較的比熱が大きいので不活性ガスとしてEGRガスを用いることは好ましいと言える。

【0053】図5は不活性ガスとしてEGRガスを用い、EGRガスの冷却度合を変えたときのEGR率とスモークとの関係を示している。即ち、図5において曲線AはEGRガスを強力に冷却してEGRガス温をほぼ90℃に維持した場合を示しており、曲線Bは小型の冷却装置でEGRガスを冷却した場合を示しており、曲線CはEGRガスを強制的に冷却していない場合を示している。

【0054】図5の曲線Aで示されるようにEGRガスを強力に冷却した場合にはEGR率が50パーセントよりも少し低いところで煤の発生量がピークとなり、この場合にはEGR率をほぼ55パーセント以上にすれば煤がほとんど発生しなくなる。

【0055】一方、図5の曲線Bで示されるようにEGRガスを少し冷却した場合にはEGR率が50パーセントよりも少し高いところで煤の発生量がピークとなり、この場合にはEGR率をほぼ65パーセント以上にすれば煤がほとんど発生しなくなる。

【0056】また、図5の曲線Cで示されるようにEGRガスを強制的に冷却していない場合にはEGR率が55パーセントの付近で煤の発生量がピークとなり、この場合にはEGR率をほぼ70パーセント以上にすれば煤がほとんど発生しなくなる。

【0057】なお、図5は機関負荷が比較的高いときのスモークの発生量を示しており、機関負荷が小さくなると煤の発生量がピークとなるEGR率は若干低下し、煤がほとんど発生しなくなるEGR率の下限も若干低下する。このように煤がほとんど発生しなくなるEGR率の下限はEGRガスの冷却度合や機関負荷に応じて変化する。

【0058】図6は不活性ガスとしてEGRガスをを用いた場合において燃焼時の燃料およびその周囲のガス温度を煤が生成される温度よりも低い温度にするために必要なEGRガスと空気の混合ガス量、およびこの混合ガス量中の空気の割合、およびこの混合ガス中のEGRガスの割合を示している。なお、図6において縦軸は燃焼室5内に吸入される全吸入ガス量を示しており、鎖線Yは過給が行われな

いときに燃焼室5内に吸入しうる全吸入ガス量を示している。また、横軸は要求負荷を示している。

【0059】図6を参照すると空気の割合、即ち混合ガス中の空気量は噴射された燃料を完全に燃焼せしめるのに必要な空気量を示している。即ち、図6に示される場合では空気量と噴射燃料量との比は理論空燃比となつて

いる。一方、図6においてEGRガスの割合、即ち混合ガス中のEGRガス量は噴射燃料が燃焼せしめられたときに燃料およびその周囲のガス温度を煤が形成される温度よりも低い温度にするのに必要最低限のEGRガス量を示している。このEGRガス量はEGR率で表すとほぼ55パーセント以上であり、図6に示す実施形態では70パーセント以上である。即ち、燃焼室5内に吸入された全吸入ガス量を図6において実線Xとし、この全吸入ガス量Xのうちの空気量とEGRガス量との割合を図6に示すような割合にすると燃料およびその周囲のガス温度は煤が生成される温度よりも低い温度となり、斯くして煤が全く発生しなくなる。また、このときの NO_x 発生量は10p.p.m 前後、又はそれ以下であり、従って NO_x の発生量は極めて少量となる。

【0060】燃料噴射量が増大すれば燃料が燃焼した際の発熱量が増大するので燃料およびその周囲のガス温度を煤が生成される温度よりも低い温度に維持するためにはEGRガスによる熱の吸収量を増大しなければならない。従って図6に示されるようにEGRガス量は噴射燃料量が増大するにつれて増大せしめなければならない。即ち、EGRガス量は要求負荷が高くなるにつれて増大する必要がある。

【0061】ところで過給が行われていない場合には燃焼室5内に吸入される全吸入ガス量Xの上限はYであり、従って図6において要求負荷が L_0 よりも大きい領域では要求負荷が大きくなるにつれてEGRガス割合を低下させない限り空燃比を理論空燃比に維持することができない。云い換えると過給が行われていない場合に要求負荷が L_0 よりも大きい領域において空燃比を理論空燃比に維持しようとした場合には要求負荷が高くなるにつれてEGR率が低下し、斯くして要求負荷が L_0 よりも大きい領域では燃料およびその周囲のガス温度を煤が生成される温度よりも低い温度に維持しえなくなる。

【0062】ところが図1に示されるようにEGR通路29を介して過給機の入口側即ち排気ターボチャージャ15の空気吸込管17内にEGRガスを再循環させると要求負荷が L_0 よりも大きい領域においてEGR率を55パーセント以上、例えば70パーセントに維持することができ、斯くして燃料およびその周囲のガス温度を煤が生成される温度よりも低い温度に維持することができる。即ち、空気吸込管17内におけるEGR率が例えば70パーセントになるようにEGRガスを再循環させれば排気ターボチャージャ15のコンプレッサ16により昇圧された吸入ガスのEGR率も70パーセントとなり、斯くしてコンプレッサ16により昇圧しうる限度まで燃料およびその周囲のガス温度を煤が生成される温度よりも低い温度に維持することができる。従って、低温燃焼を生じさせることのできる機関の運転領域を拡大することができることになる。要求負荷が L_0 よりも大きい領域でEGR率を55パーセント以上にする際にはE

G R制御弁31が全開せしめられる、スロットル弁20が若干閉弁せしめられる。

【0063】前述したように図6は燃料を理論空燃比のもとで燃焼させる場合を示しているが空気量を図6に示される空気量よりも少くしても、即ち空燃比をリッチにしても煤の発生を阻止しつつNOxの発生量を10p.p.m前後又はそれ以下にすることができ、また空気量を図6に示される空気量よりも多くしても、即ち空燃比の平均値を17から18のリーンにしても煤の発生を阻止しつつNOxの発生量を10p.p.m前後又はそれ以下にすることができ、

【0064】即ち、空燃比がリッチにされると燃料が過剰となるが燃焼温度が低い温度に抑制されているために過剰な燃料は煤まで成長せず、斯くして煤が生成されることがない。また、このときNOxも極めて少量しか発生しない。一方、平均空燃比がリーンのとき、或いは空燃比が理論空燃比のときでも燃焼温度が高くなれば少量の煤が生成されるが本発明では燃焼温度が低い温度に抑制されているので煤は全く生成されない。更に、NOxも極めて少量しか発生しない。

【0065】このように、低温燃焼が行われているときには空燃比にかかわらずに、即ち空燃比がリッチであろうと、理論空燃比であろうと、或いは平均空燃比がリーンであろうと煤が発生されず、NOxの発生量が極めて少量となる。従って燃料消費率の向上を考えるとこのとき平均空燃比をリーンにすることが好ましいと言える。

【0066】ところで燃焼室内における燃焼時の燃料およびその周囲のガス温度を炭化水素の成長が途中で停止する温度以下に抑制しうるのは燃焼による発熱量が比較的小さい機関中低負荷運転時に限られる。従って本発明による実施形態では機関中低負荷運転時には燃焼時の燃料およびその周囲のガス温度を炭化水素の成長が途中で停止する温度以下に抑制して第1の燃焼、即ち低温燃焼を行うようにし、機関高負荷運転時には第2の燃焼、即ち従来より普通に行われている燃焼を行うようにしている。なお、ここで第1の燃焼、即ち低温燃焼とはこれまでの説明から明らかなように煤の発生量がピークとなる不活性ガス量よりも燃焼室内の不活性ガス量が多く煤がほとんど発生しない燃焼のことを言い、第2の燃焼、即ち従来より普通に行われている燃焼とは煤の発生量がピークとなる不活性ガス量よりも燃焼室内の不活性ガス量が少い燃焼のことを言う。

【0067】図7は第1の燃焼、即ち低温燃焼が行われる第1の運転領域Iと、第2の燃焼、即ち従来の燃焼方法による燃焼が行われる第2の運転領域IIとを示している。なお、図7において縦軸Lはアクセルペダル50の踏み込み量、即ち要求負荷を示しており、横軸Nは機関回転数を示している。また、図7においてX(N)は第1の運転領域Iと第2の運転領域IIとの第1の境界を示しており、Y(N)は第1の運転領域Iと第2の運転領域

IIとの第2の境界を示している。第1の運転領域Iから第2の運転領域IIへの運転領域の変化判断は第1の境界X(N)に基づいて行われ、第2の運転領域IIから第1の運転領域Iへの運転領域の変化判断は第2の境界Y(N)に基づいて行われる。

【0068】即ち、機関の運転状態が第1の運転領域Iにあつて低温燃焼が行われているときに要求負荷Lが機関回転数Nの関数である第1の境界X(N)を越えると運転領域が第2の運転領域IIに移ったと判断され、従来の燃焼方法による燃焼が行われる。次いで要求負荷Lが機関回転数Nの関数である第2の境界Y(N)よりも低くなると運転領域が第1の運転領域Iに移ったと判断され、再び低温燃焼が行われる。

【0069】このように第1の境界X(N)と第1の境界X(N)よりも低負荷側の第2の境界Y(N)との二つの境界を設けたのは次の二つの理由による。第1の理由は、第2の運転領域IIの高負荷側では比較的燃焼温度が高く、このとき要求負荷Lが第1の境界X(N)より低くなったとしてもただちに低温燃焼を行えないからである。即ち、要求負荷Lがかなり低くなったとき、即ち第2の境界Y(N)よりも低くなったときでなければただちに低温燃焼が開始されないからである。第2の理由は第1の運転領域Iと第2の運転領域II間の運転領域の変化に対してヒステリシスを設けるためである。

【0070】ところで機関の運転領域が第1の運転領域Iにあつて低温燃焼が行われているときには煤はほとんど発生せず、その代り未燃炭化水素が煤の前駆体又はその前の状態の形で燃焼室5から排出される。このとき燃焼室5から排出された未燃炭化水素は酸化機能を有する触媒25により良好に酸化せしめられる。

【0071】触媒25としては酸化触媒、三元触媒、又はNOx吸収剤を用いることができる。NOx吸収剤は燃焼室5内における平均空燃比がリーンのときにNOxを吸収し、燃焼室5内における平均空燃比がリッチになるとNOxを放出する機能を有する。

【0072】このNOx吸収剤は例えばアルミナを担体とし、この担体上に例えばカリウムK、ナトリウムNa、リチウムLi、セシウムCsのようなアルカリ金属、バリウムBa、カルシウムCaのようなアルカリ土類、ランタンLa、イットリウムYのような希土類から選ばれた少くとも一つと、白金Ptのような貴金属とが担持されている。

【0073】酸化触媒はもとより、三元触媒およびNOx吸収剤も酸化機能を有しており、従って上述した如く三元触媒およびNOx吸収剤を触媒25として用いることができる。

【0074】図8は空燃比センサ27の出力を示している。図8に示されるように空燃比センサ27の出力電流Iは空燃比A/Fに応じて変化する。従って空燃比センサ27の出力電流Iから空燃比を知ることができる。

10

20

30

40

50

【0075】次に図9を参照しつつ第1の運転領域Iおよび第2の運転領域IIにおける運転制御について概略的に説明する。

【0076】図9は要求負荷Lに対するスロットル弁20の開度、EGR制御弁31の開度、EGR率、空燃比、噴射時期および噴射量を示している。図9に示されるように要求負荷Lの低い第1の運転領域Iではスロットル弁20の開度は要求負荷Lが高くなるにつれて全閉近くから2/3開度程度まで徐々に増大せしめられ、EGR制御弁31の開度は要求負荷Lが高くなるにつれて全閉近くから全開まで徐々に増大せしめられる。また、図9に示される例では第1の運転領域IではEGR率がほぼ70パーセントとされており、空燃比はわずかにリリーンなりリーン空燃比とされている。

【0077】言い換えると第1の運転領域IではEGR率がほぼ70パーセントとなり、空燃比がわずかにリリーンなりリーン空燃比となるようにスロットル弁20の開度およびEGR制御弁31の開度が制御される。また、第1の運転領域Iでは圧縮上死点TDC前に燃料噴射が行われる。この場合、噴射開始時期 θ_S は要求負荷Lが高くなるにつれて遅くなり、噴射完了時期 θ_E も噴射開始時期 θ_S が遅くなるにつれて遅くなる。

【0078】なお、アイドル運転時にはスロットル弁20は全閉近くまで閉弁され、このときEGR制御弁31も全閉近くまで閉弁せしめられる。スロットル弁20を全閉近くまで閉弁すると圧縮始めの燃焼室5内の圧力が低くなるために圧縮圧力が小さくなる。圧縮圧力が小さくなるとピストン4による圧縮仕事が小さくなるために機関本体1の振動が小さくなる。即ち、アイドル運転時には機関本体1の振動を抑制するためにスロットル弁20が全閉近くまで閉弁せしめられる。

【0079】一方、機関の運転領域が第1の運転領域Iから第2の運転領域IIに変わるとスロットル弁20の開度が2/3開度程度から全開方向へステップ状に増大せしめられる。このとき図9に示す例ではEGR率がほぼ70パーセントから40パーセント以下までステップ状に減少せしめられ、空燃比がステップ状に大きくされる。即ち、EGR率が多量のスモークを発生するEGR率範囲(図5)を飛び越えるので機関の運転領域が第1の運転領域Iから第2の運転領域IIに変わるときに多量のスモークが発生することがない。

【0080】第2の運転領域IIでは従来から行われている燃焼が行われる。この第2の運転領域IIではスロットル弁20は一部を除いて全開状態に保持され、EGR制御弁31の開度は要求負荷Lが高くなると次第に小さくされる。また、この運転領域IIではEGR率は要求負荷Lが高くなるほど低くなり、空燃比は要求負荷Lが高くなってもリリーン空燃比とされる。また、第2の運転領域IIでは噴射開始時期 θ_S は圧縮上死点TDC付近とさ

れる。

【0081】図10(A)は第1の運転領域Iにおける目標空燃比A/Fを示している。図10(A)において、 $A/F=15.5$ 、 $A/F=16$ 、 $A/F=17$ 、 $A/F=18$ で示される各曲線は夫々目標空燃比が15.5、16、17、18であるときを示しており、各曲線間の空燃比は比例配分により定められる。図10(A)に示されるように第1の運転領域Iでは空燃比がリリーンとなっており、更に第1の運転領域Iでは要求負荷Lが低くなるほど目標空燃比A/Fがリリーンとされる。

【0082】即ち、要求負荷Lが低くなるほど燃焼による発熱量が少なくなる。従って要求負荷Lが低くなるほどEGR率を低下させても低温燃焼を行うことができる。EGR率を低下させると空燃比は大きくなり、従って図10(A)に示されるように要求負荷Lが低くなるにつれて目標空燃比A/Fが大きくなる。目標空燃比A/Fが大きくなるほど燃料消費率は向上し、従ってできる限り空燃比をリリーンにするために本発明による実施形態では要求負荷Lが低くなるにつれて目標空燃比A/Fが大きくなる。

【0083】なお、図10(A)に示される目標空燃比A/Fは図10(B)に示されるように要求負荷Lおよび機関回転数Nの関数としてマップの形で予めROM42内に記憶されている。また、空燃比を図10(A)に示す目標空燃比A/Fとするのに必要なスロットル弁20の目標開度STが図11(A)に示されるように要求負荷Lおよび機関回転数Nの関数としてマップの形で予めROM42内に記憶されており、空燃比を図10

(A)に示す目標空燃比A/Fとするのに必要なEGR制御弁31の目標開度SEが図11(B)に示されるように要求負荷Lおよび機関回転数Nの関数としてマップの形で予めROM42内に記憶されている。

【0084】図12(A)は第2の燃焼、即ち従来の燃焼方法による普通の燃焼が行われるときの目標空燃比A/Fを示している。なお、図12(A)において $A/F=24$ 、 $A/F=35$ 、 $A/F=45$ 、 $A/F=60$ で示される各曲線は夫々目標空燃比24、35、45、60を示している。図12(A)に示される目標空燃比A/Fは図12(B)に示されるように要求負荷Lおよび機関回転数Nの関数としてマップの形で予めROM42内に記憶されている。また、空燃比を図12(A)に示す目標空燃比A/Fとするのに必要なスロットル弁20の目標開度STが図13(A)に示されるように要求負荷Lおよび機関回転数Nの関数としてマップの形で予めROM42内に記憶されており、空燃比を図12(A)に示す目標空燃比A/Fとするのに必要なEGR制御弁31の目標開度SEが図13(B)に示されるように要求負荷Lおよび機関回転数Nの関数としてマップの形で予めROM42内に記憶されている。

【0085】また、第2の燃焼が行われているときには燃料噴射量 Q は要求負荷 L および機関回転数 N に基づいて算出される。この燃料噴射量 Q は図14に示されるように要求負荷 L および機関回転数 N の関数としてマップの形で予めROM42内に記憶されている。

【0086】次に図15及び図16を参照しつつ本実施形態の運転制御について説明する。図15及び図16を参照すると、まず初めにステップ100において機関の運転状態が第1の運転領域Iであることを示すフラグIがセットされているか否かが判別される。フラグIがセ

ットされているとき、即ち機関の運転状態が第1の運転領域Iであるときにはステップ101に進んで要求負荷 L が第1の境界 $X1(N)$ よりも大きくなったか否かが判別される。 $L \leq X1(N)$ のときにはステップ105に進んで低温燃焼が行われる。

【0087】ステップ101において $L > X(N)$ になったと判別されたときにはステップ102に進んでフラグIがリセットされ、次いでステップ112に進んで第2の燃焼が行われる。

【0088】一方、ステップ100において機関の運転

状態が第1の運転領域Iであることを示すフラグIがセットされていないと判別したとき、つまり、機関の運転状態が第2の運転領域IIであるときには、ステップ103に進んで要求負荷 L が第2の境界 $Y(N)$ よりも低くなったか否かが判別される。 $L \geq Y(N)$ のときにはステップ112に進み、リーン空燃比のもとで第2の燃焼が行われる。

【0089】一方、ステップ103において $L < Y$

(N)になったと判別されたときにはステップ104に進んでフラグIがセットされ、次いでステップ105に進んで低温燃焼が行われる。

【0090】ステップ105では図11(A)に示すマップからスロットル弁20の目標開度 ST が算出され、スロットル弁20の開度がこの目標開度 ST とされる。次いでステップ106では図11(B)に示すマップからEGR制御弁31の目標開度 SE が算出され、EGR制御弁31の開度がこの目標開度 SE とされる。次いでステップ107では質量流量検出器21により検出された吸入空気の質量流量(以下、単に吸入空気量と称す) G_a が取込まれ、次いでステップ108では図10(B)に示すマップから目標空燃比 A/F が算出される。次いでステップ109では吸入空気量 G_a と目標空燃比 A/F に基づいて空燃比を目標空燃比 A/F とするのに必要な燃料噴射量 Q が算出される。

【0091】次いでステップ110では自動変速機60による変速中であるか否かが判別される。自動変速機60の変速中には、機関発生トルクの変動が生ずるため、そのショックを緩和することが望まれる。それゆえ、ステップ110においてYESと判断された時にはステップ111に進み、機関発生トルクの変動に基づくショッ

クの緩和が図られる。以下、機関発生トルクの変動に基づくショックを緩和するための考え方について説明する。

【0092】図17は空燃比と機関発生トルクとの関係を示したグラフである。図17において、横軸は空燃比 A/F を示しており、縦軸は機関発生トルク T を示している。図17に示すように、第2の燃焼(従来の燃焼方法による燃焼)は、空気が十分に余っている空燃比が比較的リーンの領域で行われる。そのため、第2の燃焼が行われる時には、燃料噴射量が減量補正されると、つまり、燃料噴射量の減量補正に伴って空燃比が A/F_3 から A/F_4 に増加する(リーンになる)と、燃焼に寄与する燃料量が減少することに伴って機関発生トルクが ΔT_2 だけ減少する。一方、低温燃焼(第1の燃焼)は、空気が不足気味であり空燃比が第2の燃焼の場合よりもリッチの領域で行われる。そのため、低温燃焼が行われる時には、燃料噴射量が増量補正されると、つまり、燃料噴射量の増量補正に伴って空燃比が A/F_1 から A/F_2 に減少する(リッチになる)と、燃焼が悪化し、機関発生トルクが ΔT_1 だけ減少する。

【0093】図15及び図16の説明に戻り、上述した考え方に基づいて、ステップ111において燃料噴射量が増量補正される($Q \leftarrow Q + \Delta Q_1$)。ステップ111により、低温燃焼が行われる時であって自動変速機60による変速が行われる時に、燃料噴射量が増量補正されて空燃比が低下せしめられ、その結果、自動変速機60によるトルク変動のショックが緩和される。一方、ステップ110においてNOと判断された時には、自動変速機によるトルク変動のショックを緩和する必要がないため、燃料噴射量の増量補正を行うことなく本ルーチンを終了する。尚、他の実施形態では、ステップ111において燃料噴射量を増量補正する代わりに、スロットル弁20の開度を小さくして吸入空気量を減量してもよい。

【0094】このように低温燃焼が行われているときには要求負荷 L 又は機関回転数 N が変化するとスロットル弁20の開度およびEGR制御弁31の開度がただちに要求負荷 L および機関回転数 N に応じた目標開度 ST 、 SE に一致せしめられる。従って例えば要求負荷 L が増大せしめられるとただちに燃焼室5内の空気量が増大せしめられ、斯くして機関の発生トルクがただちに増大せしめられる。

【0095】一方、スロットル弁20の開度又はEGR制御弁31の開度が変化して吸入空気量が変化するとこの吸入空気量 G_a の変化が質量流量検出器21により検出され、この検出された吸入空気量 G_a に基づいて燃料噴射量 Q が制御される。即ち、吸入空気量 G_a が実際に変化した後に燃料噴射量 Q が変化せしめられることになる。

【0096】第2の燃焼が行われるステップ112では図14に示されるマップから目標燃料噴射量 Q が算出さ

10

20

30

40

50

れ、燃料噴射量がこの目標燃料噴射量 Q とされる。次いでステップ113では、ステップ110と同様に、自動変速機60による変速中であるか否かが判別される。自動変速機60の変速中には、機関発生トルクの変動が生ずるため、そのショックを緩和することが望まれる。それゆえ、ステップ113においてYESと判断された時にはステップ114に進み、機関発生トルクの変動に基づくショックの緩和が図られる。ステップ114では、上述した考え方に基づいて、燃料噴射量が減量補正される($Q-Q-\Delta Q_2$)。ステップ114により、第2の燃焼が行われる時であって自動変速機60による変速が行われる時に、燃料噴射量が減量補正されて空燃比が増加せしめられ、その結果、自動変速機60によるトルク変動のショックが緩和される。一方、ステップ113においてNOと判断された時には、自動変速機によるトルク変動のショックを緩和する必要がないため、燃料噴射量の減量補正を行うことなくステップ115に進む。

【0097】次いでステップ115では図13(A)に示すマップからスロットル弁20の目標開度STが算出される。次いでステップ116では図13(B)に示すマップからEGR制御弁31の目標開度SEが算出され、EGR制御弁31の開度がこの目標開度SEとされる。

【0098】次いでステップ117では質量流量検出器21により検出された吸入空気量 G_a が取込まれる。次いでステップ118では燃料噴射量 Q と吸入空気量 G_a から実際の空燃比(A/F) $_R$ が算出される。次いでステップ119では図12(B)に示すマップから目標空燃比 A/F が算出される。次いでステップ120では実際の空燃比(A/F) $_R$ が目標空燃比 A/F よりも大きいか否かが判別される。(A/F) $_R > A/F$ のときにはステップ121に進んでスロットル開度の補正值 ΔST が一定値 α だけ減少せしめられ、次いでステップ123へ進む。これに対して(A/F) $_R \leq A/F$ のときにはステップ122に進んで補正值 ΔST が一定値 α だけ増大せしめられ、次いでステップ123に進む。ステップ123ではスロットル弁20の目標開度STに補正值 ΔST を加算することにより最終的な目標開度STが算出され、スロットル弁20の開度がこの最終的な目標開度STとされる。即ち、実際の空燃比(A/F) $_R$ が目標空燃比 A/F となるようにスロットル弁20の開度が制御される。

【0099】このように第2の燃焼が行われているときには要求負荷 L 又は機関回転数 N が変化すると燃料噴射量がただちに要求負荷 L および機関回転数 N に応じた目標燃料噴射量 Q に一致せしめられる。例えば要求負荷 L が増大せしめられるとただちに燃料噴射量が増大せしめられ、斯くして機関の発生トルクがただちに増大せしめられる。

【0100】一方、燃料噴射量 Q が増大せしめられて空

燃比が目標空燃比 A/F からずれると空燃比が目標空燃比 A/F となるようにスロットル弁20の開度が制御される。即ち、燃料噴射量 Q が変化した後に空燃比が変化せしめられることになる。

【0101】これまで述べた実施形態では低温燃焼が行われているときに燃料噴射量 Q はオープンループ制御され、第2の燃焼が行われているときに空燃比がスロットル弁20の開度を変化させることによって制御される。しかしながら低温燃焼が行われているときに燃料噴射量 Q を空燃比センサ27の出力信号に基づいてフィードバック制御することもできるし、また第2の燃焼が行われているときに空燃比をEGR制御弁31の開度を変化させることによって制御することもできる。

【0102】以下、本発明の内燃機関の第二の実施形態について説明する。本実施形態の構成は図1に示した第一の実施形態の構成とほぼ同様である。

【0103】次に図18及び図19を参照しつつ本実施形態の運転制御について説明する。図18及び図19を参照すると、まず初めにステップ100において機関の運転状態が第1の運転領域Iであることを示すフラグIがセットされているか否かが判別される。フラグIがセットされているとき、即ち機関の運転状態が第1の運転領域Iであるときにはステップ101に進んで要求負荷 L が第1の境界 $X_1(N)$ よりも大きくなったか否かが判別される。 $L \leq X_1(N)$ のときにはステップ105に進んで低温燃焼が行われる。

【0104】ステップ101において $L > X_1(N)$ になったと判別されたときにはステップ102に進んでフラグIがリセットされ、次いでステップ112に進んで第2の燃焼が行われる。

【0105】一方、ステップ100において機関の運転状態が第1の運転領域Iであることを示すフラグIがセットされていないと判別したとき、つまり、機関の運転状態が第2の運転領域IIであるときには、ステップ103に進んで要求負荷 L が第2の境界 $Y(N)$ よりも低くなったか否かが判別される。 $L \geq Y(N)$ のときにはステップ112に進み、リーン空燃比のもとで第2の燃焼が行われる。

【0106】一方、ステップ103において $L < Y(N)$ になったと判別されたときにはステップ104に進んでフラグIがセットされ、次いでステップ105に進んで低温燃焼が行われる。

【0107】ステップ105では図11(A)に示すマップからスロットル弁20の目標開度STが算出され、スロットル弁20の開度がこの目標開度STとされる。次いでステップ106では図11(B)に示すマップからEGR制御弁31の目標開度SEが算出され、EGR制御弁31の開度がこの目標開度SEとされる。次いでステップ107では質量流量検出器21により検出された吸入空気質量流量(以下、単に吸入空気量と称す)

10

20

30

40

50

Gaが取込まれ、次いでステップ108では図10 (B) に示すマップから目標空燃比A/Fが算出される。次いでステップ109では吸入空気量Gaと目標空燃比A/Fに基づいて空燃比を目標空燃比A/Fとするのに必要な燃料噴射量Qが算出される。

【0108】次いでステップ110では自動変速機60による変速中であるか否かが判別される。自動変速機60の変速中には、機関発生トルクの変動が生ずるため、そのショックを緩和することが望まれる。それゆえ、ステップ110においてYESと判断された時にはステップ1800に進み、機関発生トルクの変動に基づくショックの緩和が図られる。

【0109】つまり、ステップ1800では、変速中ではない場合に比べて燃料噴射時期が遅角せしめられる。ところで、燃焼室5内に供給される燃料の噴射時期が遅角せしめられると、燃料供給が燃焼に間に合わなくなることに伴って燃焼が悪化し、機関発生トルクが低下する。そのため、ステップ1800において低温燃焼が行われる時であって自動変速機60による変速が行われる時に燃料噴射時期が遅角せしめられることにより、自動変速機60によるトルク変動のショックが緩和される。一方、ステップ110においてNOと判断された時には、自動変速機によるトルク変動のショックを緩和する必要がないため、燃料噴射時期を遅角せしめることなく本ルーチンを終了する。

【0110】このように低温燃焼が行われているときには要求負荷L又は機関回転数Nが変化するとスロットル弁20の開度およびEGR制御弁31の開度がただちに要求負荷Lおよび機関回転数Nに応じた目標開度ST、SEに一致せしめられる。従って例えば要求負荷Lが増大せしめられるとただちに燃焼室5内の空気量が増大せしめられ、斯くして機関の発生トルクがただちに増大せしめられる。

【0111】一方、スロットル弁20の開度又はEGR制御弁31の開度が変化して吸入空気量が変化するとこの吸入空気量Gaの変化が質量流量検出器21により検出され、この検出された吸入空気量Gaに基づいて燃料噴射量Qが制御される。即ち、吸入空気量Gaが実際に変化した後燃料噴射量Qが変化せしめられることになる。

【0112】第2の燃焼が行われるステップ112では図14に示されるマップから目標燃料噴射量Qが算出され、燃料噴射量がこの目標燃料噴射量Qとされる。次いでステップ113では、ステップ110と同様に、自動変速機60による変速中であるか否かが判別される。自動変速機60の変速中には、機関発生トルクの変動が生ずるため、そのショックを緩和することが望まれる。それゆえ、ステップ113においてYESと判断された時にはステップ114に進み、機関発生トルクの変動に基づくショックの緩和が図られる。ステップ114では、

図17を参照して説明した考え方に基づいて、燃料噴射量が減量補正される(Q-Q-ΔQ2)。ステップ114により、第2の燃焼が行われる時であって自動変速機60による変速が行われる時に、燃料噴射量が減量補正されて空燃比が増加せしめられ、その結果、自動変速機60によるトルク変動のショックが緩和される。一方、ステップ113においてNOと判断された時には、自動変速機によるトルク変動のショックを緩和する必要がないため、燃料噴射量の減量補正を行うことなくステップ115に進む。

【0113】次いでステップ115では図13(A)に示すマップからスロットル弁20の目標開度STが算出される。次いでステップ116では図13(B)に示すマップからEGR制御弁31の目標開度SEが算出され、EGR制御弁31の開度がこの目標開度SEとされる。

【0114】次いでステップ117では質量流量検出器21により検出された吸入空気量Gaが取込まれる。次いでステップ118では燃料噴射量Qと吸入空気量Gaから実際の空燃比(A/F)_Rが算出される。次いでステップ119では図12(B)に示すマップから目標空燃比A/Fが算出される。次いでステップ120では実際の空燃比(A/F)_Rが目標空燃比A/Fよりも大きいかが判別される。(A/F)_R > A/Fのときにはステップ121に進んでスロットル開度の補正值ΔSTが一定値αだけ減少せしめられ、次いでステップ123へ進む。これに対して(A/F)_R ≤ A/Fのときにはステップ122に進んで補正值ΔSTが一定値αだけ増大せしめられ、次いでステップ123に進む。ステップ123ではスロットル弁20の目標開度STに補正值ΔSTを加算することにより最終的な目標開度STが算出され、スロットル弁20の開度がこの最終的な目標開度STとされる。即ち、実際の空燃比(A/F)_Rが目標空燃比A/Fとなるようにスロットル弁20の開度が制御される。

【0115】このように第2の燃焼が行われているときには要求負荷L又は機関回転数Nが変化すると燃料噴射量がただちに要求負荷Lおよび機関回転数Nに応じた目標燃料噴射量Qに一致せしめられる。例えば要求負荷Lが増大せしめられるとただちに燃料噴射量が増大せしめられ、斯くして機関の発生トルクがただちに増大せしめられる。

【0116】一方、燃料噴射量Qが増大せしめられて空燃比が目標空燃比A/Fからずれると空燃比が目標空燃比A/Fとなるようにスロットル弁20の開度が制御される。即ち、燃料噴射量Qが変化した後空燃比が変化せしめられることになる。

【0117】これまで述べた実施形態では低温燃焼が行われているときに燃料噴射量Qはオープンループ制御され、第2の燃焼が行われているときに空燃比がスロット

10

20

30

40

50

ル弁20の開度を変化させることによって制御される。しかしながら低温燃焼が行われているときに燃料噴射量Qを空燃比センサ27の出力信号に基づいてフィードバック制御することもできるし、また第2の燃焼が行われているときに空燃比をEGR制御弁31の開度を変化させることによって制御することもできる。

【0118】以下、本発明の内燃機関の第三の実施形態について説明する。本実施形態の構成は図1に示した第一の実施形態の構成とほぼ同様である。

【0119】次に図20及び図21を参照しつつ本実施形態の運転制御について説明する。図20及び図21を参照すると、まず初めにステップ100において機関の運転状態が第1の運転領域Iであることを示すフラグIがセットされているか否かが判別される。フラグIがセットされているとき、即ち機関の運転状態が第1の運転領域Iであるときにはステップ101に進んで要求負荷Lが第1の境界X1(N)よりも大きくなったか否かが判別される。L ≤ X1(N)のときにはステップ105に進んで低温燃焼が行われる。

【0120】ステップ101においてL > X1(N)になったと判別されたときにはステップ102に進んでフラグIがリセットされ、次いでステップ112に進んで第2の燃焼が行われる。

【0121】一方、ステップ100において機関の運転状態が第1の運転領域Iであることを示すフラグIがセットされていないと判別したとき、つまり、機関の運転状態が第2の運転領域IIであるときには、ステップ103に進んで要求負荷Lが第2の境界Y(N)よりも低くなったか否かが判別される。L ≥ Y(N)のときにはステップ112に進み、リーン空燃比のもとで第2の燃焼が行われる。

【0122】一方、ステップ103においてL < Y(N)になったと判別されたときにはステップ104に進んでフラグIがセットされ、次いでステップ105に進んで低温燃焼が行われる。

【0123】ステップ105では図11(A)に示すマップからスロットル弁20の目標開度STが算出され、スロットル弁20の開度がこの目標開度STとされる。次いでステップ106では図11(B)に示すマップからEGR制御弁31の目標開度SEが算出される。

【0124】次いでステップ2000では、自動変速機60による変速中であるか否かが判別される。自動変速機60の変速中には、機関発生トルクの変動が生ずるため、そのショックを緩和することが望まれる。それゆえ、ステップ2000においてYESと判断された時にはステップ2001に進み、機関発生トルクの変動に基づくショックの緩和が図られる。

【0125】つまり、ステップ2001では、EGR制御弁31の目標開度SEの増大補正が行われ、EGR制御弁31の開度がこの目標開度SEとされる。(SE -

SE + ΔSE)。ところで、図17を参照して説明したように、低温燃焼は空気が不足気味の下で行われるため、低温燃焼が行われる時にEGR制御弁31の目標開度SEが増大補正されてEGRガスの量が増量補正されると、スロットル弁20を介して吸入される空気が燃焼室5に供給されづらくなり、燃焼室5内の空気がより一層不足気味になる。その結果、燃焼が悪化し、機関発生トルクが低下する。そのため、ステップ2001において低温燃焼が行われる時であって自動変速機60による変速が行われる時にEGR制御弁31の目標開度SEが増大補正されてEGRガスの量が増量補正されることにより、自動変速機60によるトルク変動のショックが緩和される。一方、ステップ2000においてNOと判断された時には、自動変速機によるトルク変動のショックを緩和する必要がないため、燃料噴射時期を遅角せしめることなくステップ107に進む。

【0126】次いでステップ107では質量流量検出器21により検出された吸入空気の質量流量(以下、単に吸入空気量と称す)Gaが取込まれ、次いでステップ108では図10(B)に示すマップから目標空燃比A/Fが算出される。次いでステップ109では吸入空気量Gaと目標空燃比A/Fに基づいて空燃比を目標空燃比A/Fとするのに必要な燃料噴射量Qが算出される。

【0127】このように低温燃焼が行われているときには要求負荷L又は機関回転数Nが変化するとスロットル弁20の開度およびEGR制御弁31の開度がただちに要求負荷Lおよび機関回転数Nに応じた目標開度ST、SEに一致せしめられる。従って例えば要求負荷Lが増大せしめられるとただちに燃焼室5内の空気量が増大せしめられ、斯くして機関の発生トルクがただちに増大せしめられる。

【0128】一方、スロットル弁20の開度又はEGR制御弁31の開度が変化して吸入空気量が変化するとこの吸入空気量Gaの変化が質量流量検出器21により検出され、この検出された吸入空気量Gaに基づいて燃料噴射量Qが制御される。即ち、吸入空気量Gaが実際に変化した後燃料噴射量Qが変化せしめられることになる。

【0129】第2の燃焼が行われるステップ112では図14に示されるマップから目標燃料噴射量Qが算出され、燃料噴射量がこの目標燃料噴射量Qとされる。次いでステップ113では、ステップ2000と同様に、自動変速機60による変速中であるか否かが判別される。自動変速機60の変速中には、機関発生トルクの変動が生ずるため、そのショックを緩和することが望まれる。それゆえ、ステップ113においてYESと判断された時にはステップ114に進み、機関発生トルクの変動に基づくショックの緩和が図られる。ステップ114では、図17を参照して説明した考え方に基づいて、燃料噴射量が減量補正される(Q - Q - ΔQ2)。ステップ

10

20

30

40

50

114により、第2の燃焼が行われる時であって自動変速機60による変速が行われる時に、燃料噴射量が減量補正されて空燃比が増加せしめられ、その結果、自動変速機60によるトルク変動のショックが緩和される。一方、ステップ113においてNOと判断された時には、自動変速機によるトルク変動のショックを緩和する必要がないため、燃料噴射量の減量補正を行うことなくステップ115に進む。

【0130】次いでステップ115では図13(A)に示すマップからスロットル弁20の目標開度STが算出される。次いでステップ116では図13(B)に示すマップからEGR制御弁31の目標開度SEが算出され、EGR制御弁31の開度がこの目標開度SEとされる。

【0131】次いでステップ117では質量流量検出器21により検出された吸入空気量Gaが取込まれる。次いでステップ118では燃料噴射量Qと吸入空気量Gaから実際の空燃比 $(A/F)_R$ が算出される。次いでステップ119では図12(B)に示すマップから目標空燃比A/Fが算出される。次いでステップ120では実際の空燃比 $(A/F)_R$ が目標空燃比A/Fよりも大きいか否かが判別される。 $(A/F)_R > A/F$ のときにはステップ121に進んでスロットル開度の補正值 ΔST が一定値 α だけ減少せしめられ、次いでステップ123へ進む。これに対して $(A/F)_R \leq A/F$ のときにはステップ122に進んで補正值 ΔST が一定値 α だけ増大せしめられ、次いでステップ123に進む。ステップ123ではスロットル弁20の目標開度STに補正值 ΔST を加算することにより最終的な目標開度STが算出され、スロットル弁20の開度がこの最終的な目標開度STとされる。即ち、実際の空燃比 $(A/F)_R$ が目標空燃比A/Fとなるようにスロットル弁20の開度が制御される。

【0132】このように第2の燃焼が行われているときには要求負荷L又は機関回転数Nが変化すると燃料噴射量がただちに要求負荷Lおよび機関回転数Nに応じた目標燃料噴射量Qに一致せしめられる。例えば要求負荷Lが増大せしめられるとただちに燃料噴射量が増大せしめられ、斯くして機関の発生トルクがただちに増大せしめられる。

【0133】一方、燃料噴射量Qが増大せしめられて空燃比が目標空燃比A/Fからずれると空燃比が目標空燃比A/Fとなるようにスロットル弁20の開度が制御される。即ち、燃料噴射量Qが変化した後空燃比が変化せしめられることになる。

【0134】これまで述べた実施形態では低温燃焼が行われているときに燃料噴射量Qはオープンループ制御され、第2の燃焼が行われているときに空燃比がスロットル弁20の開度を変化させることによって制御される。しかしながら低温燃焼が行われているときに燃料噴射量

Qを空燃比センサ27の出力信号に基づいてフィードバック制御することもできるし、また第2の燃焼が行われているときに空燃比をEGR制御弁31の開度を変化させることによって制御することもできる。

【0135】

【発明の効果】請求項1から5に記載の発明によれば、内燃機関から煤(スモーク)が排出されること及びNOxが排出されることを同時に阻止しつつ、自動変速機による変速が行われる時の機関発生トルクの変動に伴うショックを緩和することができる。

【0136】請求項6に記載の発明によれば、外部から燃焼室内に不活性ガスを供給する手段を特別に設ける必要性を回避することができる。

【0137】請求項7及び8に記載の発明によれば、内燃機関から煤(スモーク)が排出されること及びNOxが排出されることを同時に阻止しつつ、自動変速機による変速が行われる時の機関発生トルクの変動に伴うショックを緩和することができる。

【0138】請求項9及び10に記載の発明によれば、未燃炭化水素が内燃機関から排出されるのを阻止することができる。

【0139】請求項11及び12に記載の発明によれば、排気ガス再循環率が、煤の発生量がピークになる排気ガス再循環率に設定されるのを回避することができる。

【0140】請求項13に記載の発明によれば、運転領域に応じて適切な燃焼を実行することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】圧縮着火式内燃機関の全体図である。

【図2】スモークおよびNOxの発生量等を示す図である。

【図3】燃焼圧を示す図である。

【図4】燃料分子を示す図である。

【図5】スモークの発生量とEGR率との関係を示す図である。

【図6】噴射燃料量と混合ガス量との関係を示す図である。

【図7】第1の運転領域Iおよび第2の運転領域IIを示す図である。

40 【図8】空燃比センサの出力を示す図である。

【図9】スロットル弁の開度等を示す図である。

【図10】第1の運転領域Iにおける空燃比等を示す図である。

【図11】スロットル弁等の目標開度のマップを示す図である。

【図12】第2の燃焼における空燃比等を示す図である。

【図13】スロットル弁等の目標開度のマップを示す図である。

50 【図14】燃料噴射量のマップを示す図である。

【図15】第一の実施形態の機関の運転を制御するためのフローチャートである。

【図16】第一の実施形態の機関の運転を制御するためのフローチャートである。

【図17】空燃比と機関発生トルクとの関係を示したグラフである。

【図18】第二の実施形態の機関の運転を制御するためのフローチャートである。

【図19】第二の実施形態の機関の運転を制御するためのフローチャートである。

【図20】第三の実施形態の機関の運転を制御するための

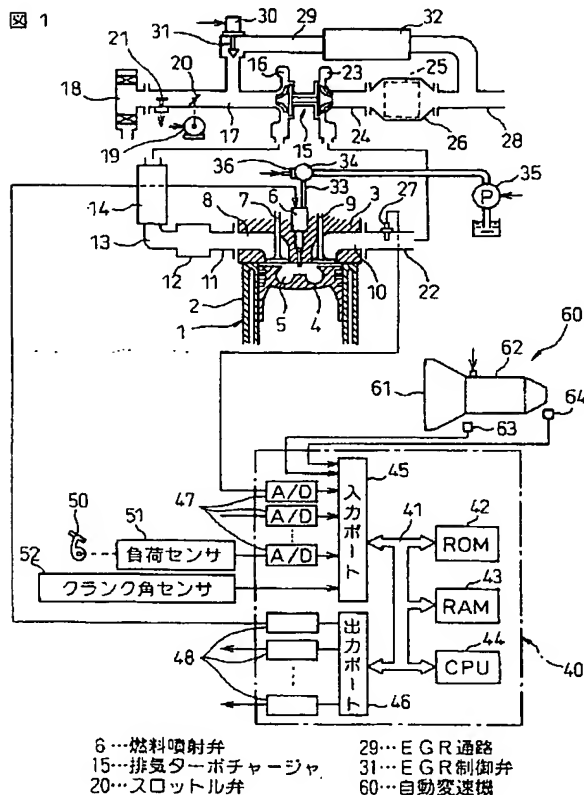
のフローチャートである。

【図21】第三の実施形態の機関の運転を制御するためのフローチャートである。

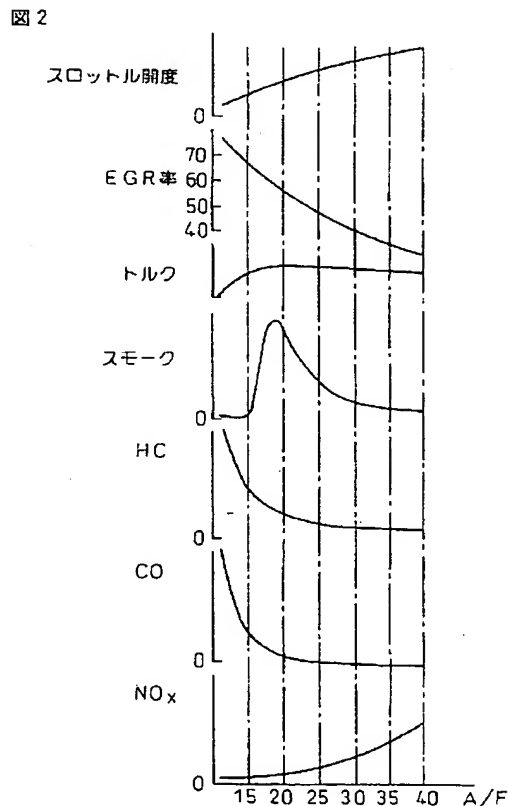
【符号の説明】

- 5…燃焼室
6…燃料噴射弁
20…スロットル弁
29…EGR通路
31…EGR制御弁
10 60…自動変速機

【図1】

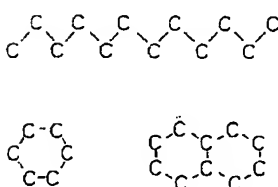


【図2】



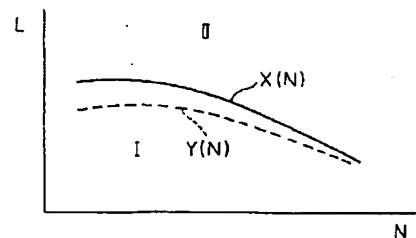
【図4】

図4



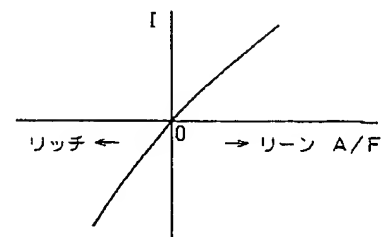
【図7】

図7



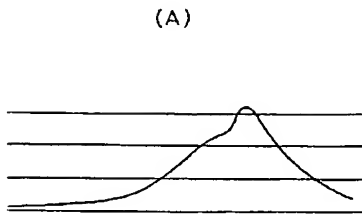
【図8】

図8

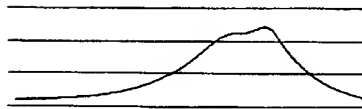


【図3】

図3

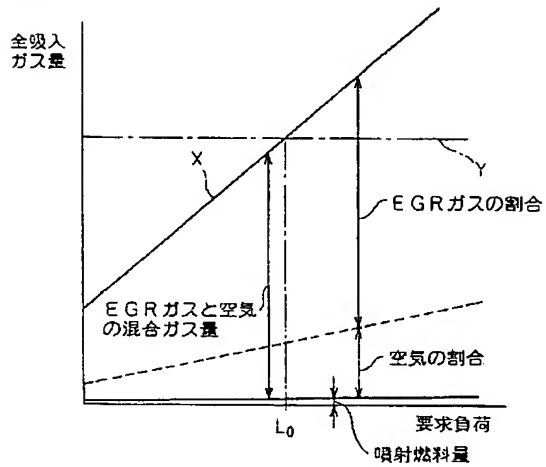


(B)



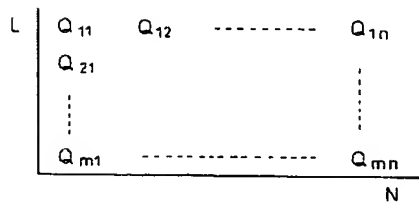
【図6】

図6



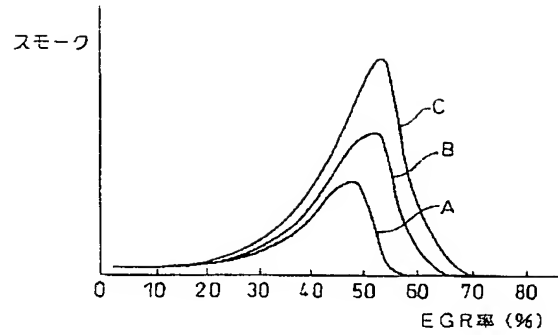
【図14】

図14



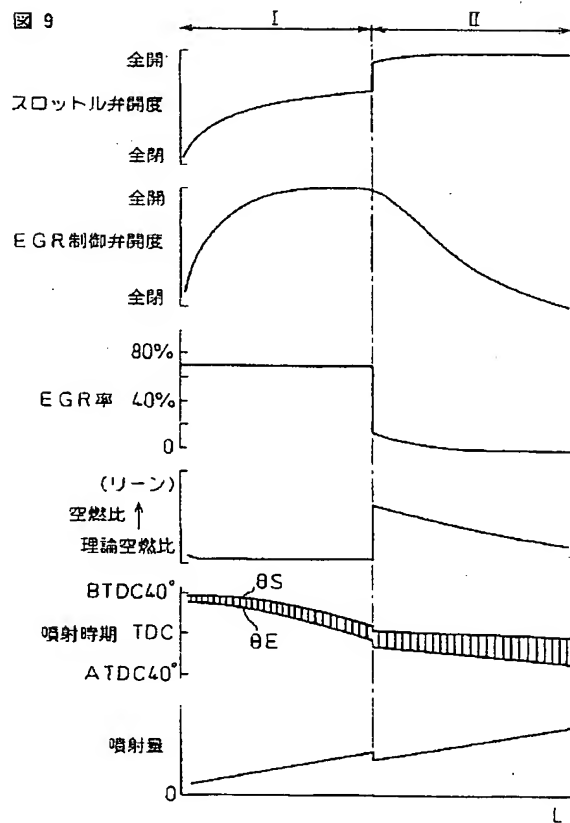
【図5】

図5



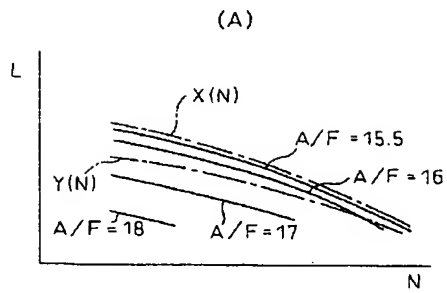
【図9】

図9

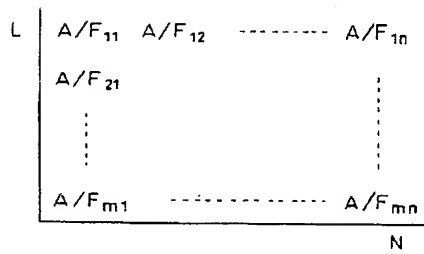


【図10】

図10

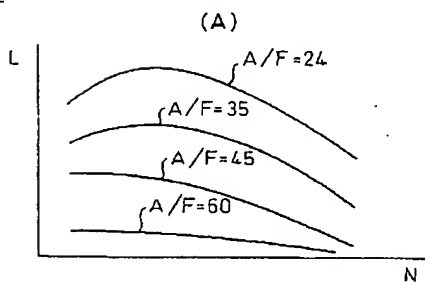


(B)

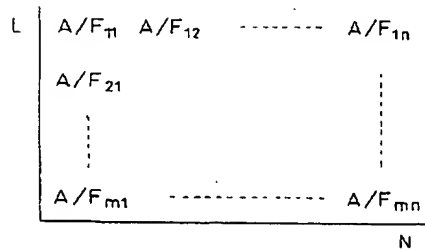


【図12】

図12

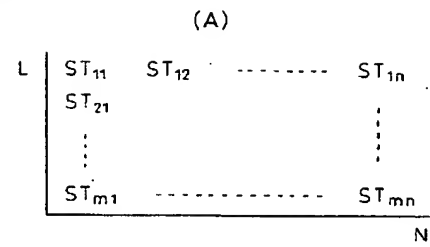


(B)

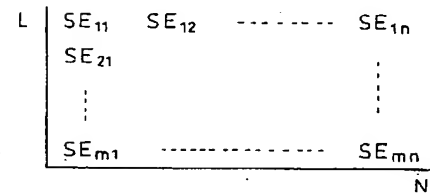


【図11】

図11

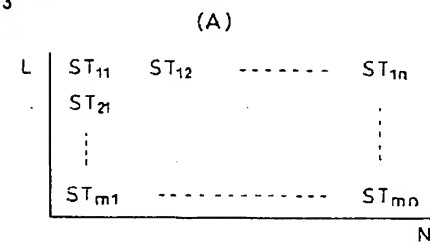


(B)

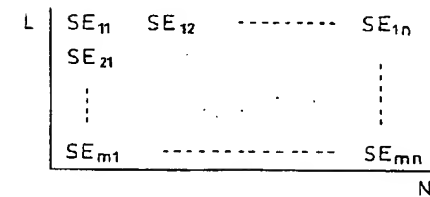


【図13】

図13

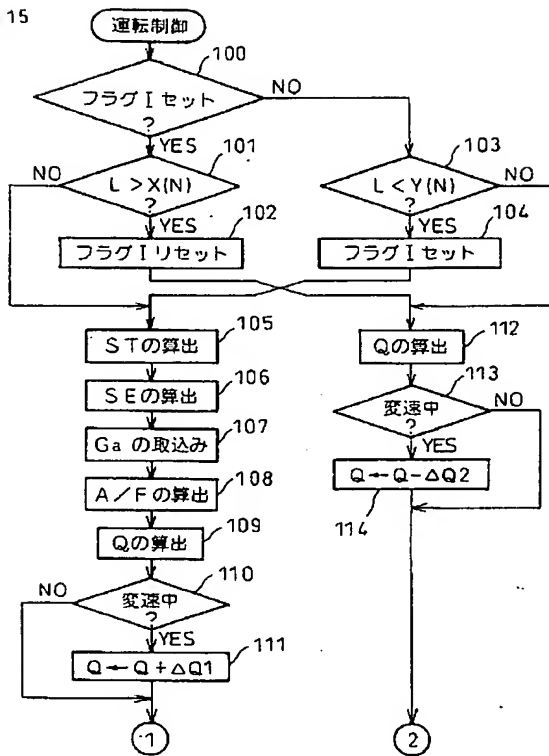


(B)



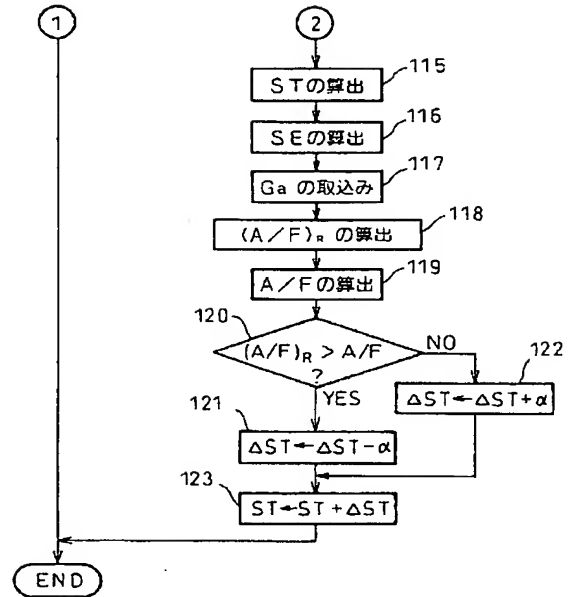
【図15】

図 15



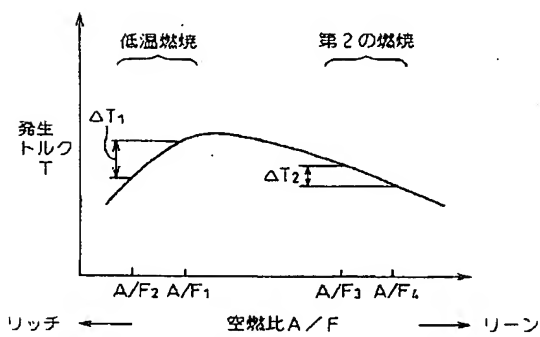
【図16】

図 16



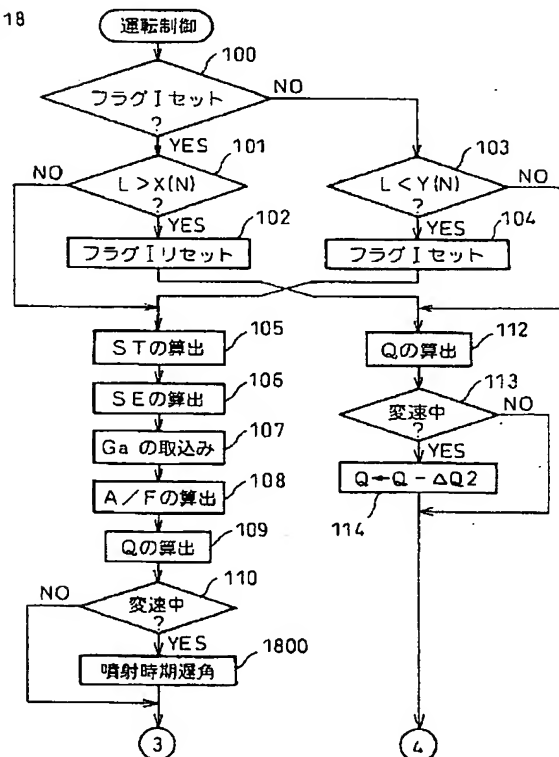
【図17】

図 17



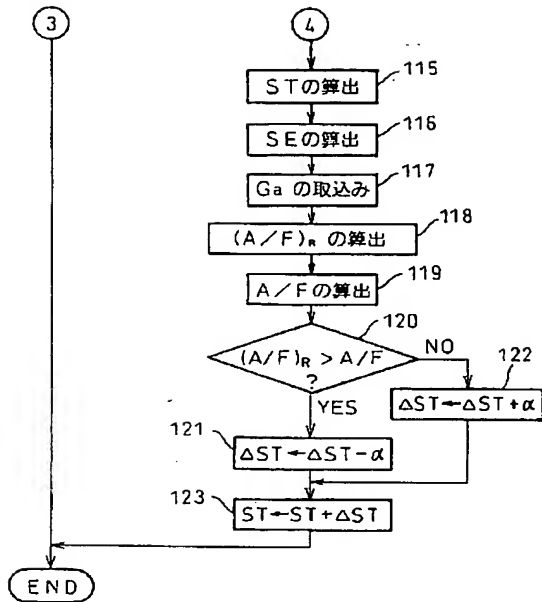
【図18】

図 18



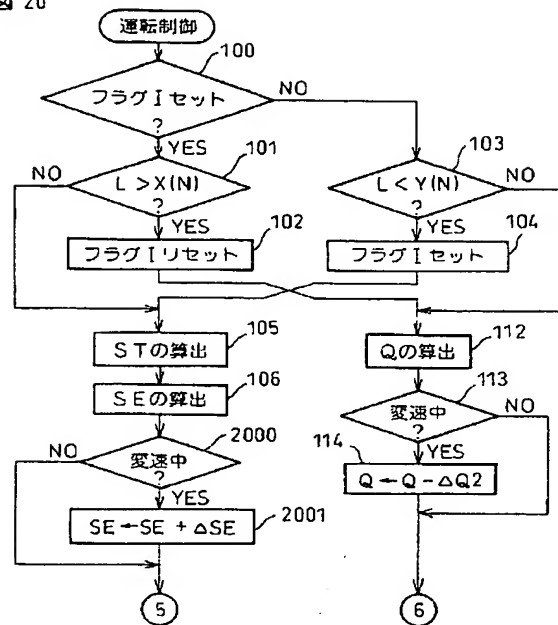
【図19】

図 19



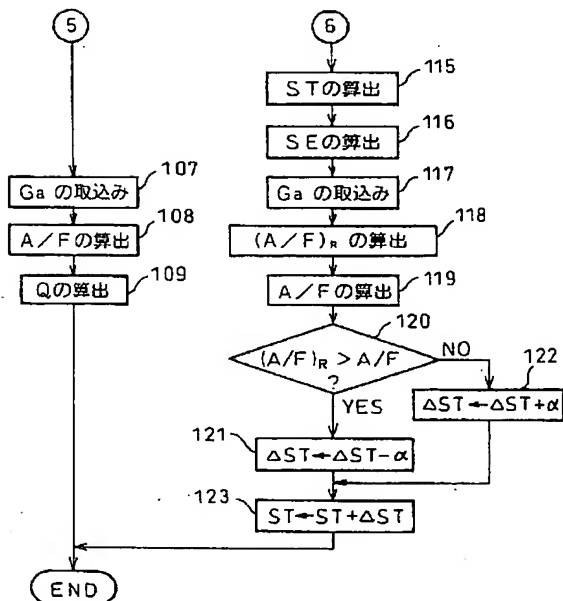
【図20】

図 20



【図21】

図 21



フロントページの続き

| (51)Int.Cl. ⁷) | 識別記号 | F I | テマコード ¹ (参考) |
|--|-------|---------------|--|
| F 0 1 N 3/24 | | F 0 1 N 3/24 | B 3 G 0 9 3 S 3 G 3 0 1 |
| F 0 2 D 21/08 | 3 0 1 | F 0 2 D 21/08 | 3 0 1 B 3 0 1 D C F |
| 29/00 | | 29/00 | |
| 41/40 | | 41/40 | |
| 43/00 | 3 0 1 | 43/00 | 3 0 1 E 3 0 1 N 3 0 1 W |
| F 0 2 M 25/07 | 5 7 0 | F 0 2 M 25/07 | 5 7 0 J 5 7 0 G |
| (72)発明者 吉▲崎▼ 康二 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内 | | Fターム(参考) | 3D041 AA19 AA53 AC02 AC08 AC15 AD02 AD05 AD10 AD31 AE04 AE07 AF01 |
| (72)発明者 伊藤 丈和 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内 | | | 3G062 AA01 BA02 BA04 BA05 BA06 CA07 CA08 CA09 DA01 DA02 EA11 ED08 FA13 GA01 GA04 GA06 GA15 GA17 |
| (72)発明者 村田 宏樹 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内 | | | 3G084 AA01 BA05 BA09 BA13 BA15 BA20 CA03 CA04 CA08 DA10 DA18 EB11 FA00 FA06 FA07 FA10 FA29 FA33 FA38 |
| | | | 3G091 AA11 AA18 AB02 AB03 AB04 BA14 CB00 CB02 CB03 CB07 DA01 DA02 DC01 EA01 EA05 EA07 EA34 EA40 FA13 FA14 FB12 GB02W GB03W GB04W GB05W GB10X HA36 |
| | | | 3G092 AA02 AA17 BA01 BA04 BB01 BB06 BB08 DC03 DC08 EA01 EA02 EA04 EA05 FA04 FA17 FA18 GA05 GA06 GB09 HB03X HB03Z HD05Z HE01Z HE03Z HF08Z HF12Z |
| | | | 3G093 AA05 AB01 BA03 BA20 CA06 CA07 CB08 DA01 DA06 DA09 DA11 DB03 DB07 DB11 EA00 EA05 EA09 FA04 |
| | | | 3G301 HA02 HA13 JA04 JA24 JA25 KA08 KA09 KB10 LA00 LA03 MA01 MA11 MA18 ND01 NE01 NE06 NE12 NE13 PA01Z PB08A PB08Z PD03Z PE01Z PE03Z PF00Z PF03Z PF08Z |